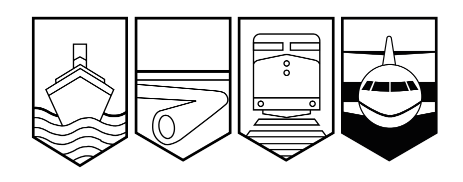
Bureau de la sécurité des transports du Canada



Transportation Safety Board of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR UNACCIDENT AÉRONAUTIQUE
A00C0059



PERTE DE CONTRÔLE EN REMISE DES GAS

DOUGLAS AIRCRAFT COMPANY DC-3 C-FNTF
POINTS NORTH AIR SERVICES INC.
LAC ENNADAI (NUNAVUT)
LE 17 MARS 2000



Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales

Rapport d'enquête sur un accident aéronautique

Perte de maîtrise en remise des gaz

Douglas Aircraft Company DC-3 C-FNTF
Points North Air Services Inc.
lac Ennadai (Nunavut)
le 17 mars 2000

Rapport numéro A00C0059

Sommaire

Le Douglas DC-3 a décollé de Points North Landing (Saskatchewan) vers 11 h 25, heure normale du Centre, pour effectuer un vol à vue à destination du lac Ennadai avec deux pilotes et 6 600 livres de fret à son bord. Le vol était effectué dans le cadre d'une série de vols de transport de matériaux pour la construction d'un pavillon. Les pilotes avaient effectué un vol semblable un peu plus tôt ce jour-là. La piste à Ennadai était une bande d'atterrissage en glace, orientée nord-est/sud-ouest, mesurant environ 2 700 pieds de long sur 150 pieds de large. Elle était balisée avec de petits conifères. Elle avait été aménagée sur la surface gelée du lac, et les zones d'approche étaient dégagées. La piste avait été déneigée de sorte qu'il n'y avait pas de bancs de neige en bout de piste. L'arrivée au lac Ennadai, en direction du sud-ouest, a semblé se dérouler comme d'habitude. Selon les témoins, l'avion a touché des roues presque à mi-piste, la section arrière du fuselage n'a pas touché la piste, puis l'appareil a redécollé presque aussitôt. Le train principal a été rentré. L'avion a atteint le bout de la piste, puis s'est brusquement mis en cabré prononcé, s'est fortement incliné sur la gauche, a fait un virage à gauche et est descendu vers la surface gelée. L'aile gauche a percuté la surface gelée, puis l'appareil a fait une rotation autour de l'aile gauche avant de s'immobiliser en piqué prononcé à environ 400 pieds du bout de la piste. Il n'y a pas eu d'incendie. Les deux pilotes ont été tués sur le coup. Des spécialistes en recherches et sauvetage des Forces canadiennes ont été parachutés sur place le jour de l'accident.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le commandant de bord était âgé de 36 ans. Il totalisait environ 8 200 heures de vol. Sa licence de pilote de ligne était validée par un certificat de validation de licence en date du 26 mai 1999. Sa qualification de vol aux instruments du groupe 1 était valable jusqu'en novembre 2001. Le commandant de bord travaillait pour la compagnie depuis environ deux ans et demi. Il avait subi une première vérification de compétence pilote (PPC) comme commandant de bord sur le DC-3 le 9 avril 1999. Il totalisait environ 840 heures sur type.

Le premier officier était âgé de 53 ans. Il totalisait environ 4 300 heures de vol et il était titulaire d'une licence de pilote professionnel validée par un certificat de validation de licence en date du 12 novembre 1999. Sa qualification de vol aux instruments du groupe 1 était valable jusqu'en novembre 2000. Le premier officier avait occupé un poste saisonner au sein de la compagnie pendant plusieurs années. Il travaillait maintenant à temps plein depuis un an et demi. Il avait subi une première PPC comme premier officier sur le DC-3 le 4 novembre 1999. Il totalisait environ 85 heures sur type.

La compagnie Points North Air Services est située dans une région inhospitalière et elle fournit des services aux régions isolées. Les vols en DC-3 servaient à transporter du fret à certains endroits éloignés où l'on ne peut se rendre, certains mois de l'année, que par barge ou en empruntant certaines routes praticables l'hiver. Les vols de transport de fret sont effectués selon les règles de vol à vue pour pouvoir transporter des charges plus importantes. La compagnie était autorisée à exploiter l'appareil immatriculé C-FNTF conformément à l'article 705 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). L'article 705 du RAC stipule que les vols doivent se dérouler à une altitude égale ou supérieure à 1 000 pieds au-dessus du sol (agl)[1] avec une visibilité en vol égale ou supérieure à 2 milles. Le C-FNTF avait été vidé pour être plus léger, et ses gaines de dégivrage avaient été enlevées.

Le rapport météorologique obtenu de la station automatique d'Ennadai à 12 h 58, heure normale du Centre (HNC)[2] faisait état des conditions suivantes : température de moins 17 degrés Celsius, point de rosée de moins 20 degrés Celsius, et vents du 130 degrés vrai à 8 noeuds. Les personnes qui ont été témoins de l'atterrissage ayant mené à l'accident estiment que les conditions météorologiques suivantes prévalaient au moment de l'accident : plafond entre 1 500 et 2 000 pieds agl et visibilité de 1,5 à 2 milles terrestres dans des chutes de neige légère.

Tôt le matin de l'accident, l'équipage avait effectué un vol à destination du lac Ennadai et il était rentré à Points North Landing à 10 h 30. Les pilotes avaient ensuite coordonné, avec l'aide d'autres employés de Points North, le chargement et le ravitaillement de l'appareil pour le deuxième voyage. Le fret comprenait deux caisses de matériaux de construction, 26 feuilles de contre-plaqué, une palette de planches de 2 po x 4 po x 16 pi et des rouleaux de matériau isolant enveloppés dans une housse de plastique. Le commandant de bord a expliqué aux autres employés qu'il désirait obtenir un centrage arrière pour réduire les risques que l'appareil capote

---

1 Les unités correspondent à celles des manuels officiels, des documents, des rapports et des instructions utilisés ou reçus par l'équipage.

2 Les heures sont exprimées en HNC (temps universel coordonné [UTC] moins six heures).

si jamais il se dirigeait sur une surface non dégagée de la piste en glace. Pour obtenir un centrage arrière, le commandant de bord a choisi de charger l'appareil de la manière présentée à l'annexe A. L'information recueillie indique que des employés qui prêtaient main forte à l'équipage ont suggéré un autre plan de chargement qui aurait permis de placer les planches de 2 x 4 entre les deux caisses. Cependant, selon le système d'auto-répartition des vols utilisé par la compagnie, c'est le commandant de bord qui décide de la répartition de la charge. Les employés ont donc suivi les directives du commandant de bord. Les planches de 2 x 4 ont été placées dans une partie de la cabine où il n'y avait pas de points de fixation au plancher; l'équipage a alors utilisé les points de fixation des parois pour attacher les sangles de fixation de la charge. L'appareil a décollé pour le second vol 55 minutes après son arrivée.

Une inspection de la piste en glace a révélé que les traces laissées par les pneus commençaient dans la neige à environ 300 pieds du début de la piste en glace. Ces traces avaient été laissées par l'avion lors de son premier vol à destination du lac Ennadai. D'autres traces ont été relevées qui, elles, se terminaient environ à mi-piste. L'information recueillie a permis d'établir que ces traces avaient été laissées par l'avion lors de la remise des gaz.

L'examen des moteurs a révélé que les moteurs produisaient beaucoup de puissance au moment de l'impact. L'hélice gauche a été arrachée du carter avant du moteur, et les trois pales de l'hélice ont subi d'importantes déformations. Le moteur gauche a été arraché de son bâti moteur qui était fixé à l'aile. Le nez de l'avion a subi une déformation vers la droite dans le plan de rotation de l'hélice droite. Le bord d'attaque de l'extrémité des pales de l'hélice droite présentait des dommages et des égratignures rectilignes typiques d'une hélice qui entre en contact avec des débris ou qui sectionne une partie du fuselage. Deux des trois pales étaient déformées, et l'hélice s'était détachée du moteur au niveau du carter avant du moteur.

L'examen a révélé que l'appareil était bien configuré pour une remise des gaz. Le volet droit était sorti au quart, mais la position du volet gauche n'a pu être déterminée. L'examen du vérin de commande du train principal a révélé que les deux roues du train principal avaient été rentrées. Un examen a permis d'établir que les commandes de vol étaient intactes jusqu'aux gouvernes de profondeur et de direction ainsi que jusqu'aux ailerons. La commande de compensation de la gouverne de profondeur et l'indicateur de compensation se sont coincés à l'impact. La position dans laquelle ils se sont coincés révèle que le compensateur avait été réglé à au moins 4 degrés en piqué avant l'impact. Le compensateur de la gouverne de profondeur a un débattement de 10 degrés en cabré et de 10 degrés en piqué.

L'examen a permis de confirmer la répartition du fret et la méthode utilisée pour arrimer le fret transporté (voir l'annexe A). Le nez et le poste de pilotage ont été détruits à l'impact. Le fuselage s'est rompue sur toute sa circonférence, juste derrière le bord de fuite des ailes. Les deux caisses ne se sont pas déplacées. De plus, plusieurs feuilles de contre-plaqué sont restées en place en face du trou dans la paroi du fuselage. Le fuselage, à partir du bord de fuite des ailes, et la queue de l'appareil ont été tordus vers la gauche et vers le bas. Le reste des feuilles de contreplaqué est tombé dans le trou dans la paroi du fuselage, derrière les ailes. Le fuselage présentait une seconde rupture presque complète sur toute sa circonférence, à un endroit situé entre la partie avant de la dérive et l'avant des deux attaches de fixation du stabilisateur. Toutes les planches de 2 x 4 ont été trouvées dans la partie arrière du fuselage, dont un grand nombre derrière la cloison arrière.

Les documents de l'avion indiquent que les limites avant et arrière de centrage se situaient à 239,6 pouces et à 263,1 pouces et que la masse maximale au décollage était de 26 900 livres. Le

devis de masse et centrage de l'appareil, daté du 18 décembre 1995, indiquait une masse de base de 18 406 livres et un centre de gravité situé à 238,2 pouces. Les données sur la masse de base et le centre de gravité avaient été utilisées pour calculer un indice de masse opérationnelle à vide. L'équipage a ensuite utilisé cet indice dans un graphique figurant sur l'état de charge de l'avion pour recalculer le centre de gravité de l'avion avec le fret embarqué.

Selon l'information recueillie, l'équipage n'a pas recalculé le centre de gravité pour le deuxième vol; il a plutôt utilisé l'état de charge du premier vol vu que la masse totale était relativement la même. L'équipage a donc utilisé pour ses calculs un indice de masse opérationnelle à vide de 13, fondé sur le devis de masse et centrage daté du 18 décembre 1995. Le devis de masse et centrage avait été présenté à Transports Canada et avait été versé au dossier de l'avion. Les données du devis n'ont pas été vérifiées, et Transports Canada n'était pas tenu de le faire.

Après l'accident, on a découvert que la masse de base et le centre de gravité figurant sur le devis de masse et centrage étaient inexacts. La masse de base corrigée était de 18 502 livres et le centre de gravité se situait à 254,9 pouces, pour un indice corrigé de 44,8. Le centre de gravité corrigé se trouvait donc à 16,7 pouces derrière le centre de gravité figurant sur le devis de masse et centrage. Le centre de gravité et la masse au décollage de l'avion pour le vol ayant mené à l'accident ont été calculés de nouveau avec les données disponibles et avec la masse de base et le centre de gravité corrigés; les calculs ont révélé que le centre de gravité se situait à 295,4 pouces (32,3 pouces derrière la limite arrière) et que la masse maximale au décollage était de 26 723 livres.

Le DC-3 de la compagnie doit être exploité conformément aux procédures d'utilisation normalisées (SOP) publiées de la compagnie. La section 2.4 des SOP de la compagnie stipule que le premier officier doit remplir tous les documents relatifs à la masse et au centrage avant chaque vol et que le commandant de bord doit s'assurer que tous les documents ont été bien remplis.

Les résultats des analyses toxicologiques visant à déceler la présence d'alcool et de drogues dans le sang du commandant de bord et du premier officier ont été négatifs, mais les résultats des analyses ont révélé une concentration élevée de monoxyde de carbone dans leur sang. La concentration de carboxyhémoglobine dans le sang du commandant de bord était de 17,9 %, et celle du premier officier, de 8,7 %. Selon l'information recueillie, le commandant de bord fumait plus d'un paquet decigarettes par jour, tandis que le premier officier ne fumait pas. Les fumeurs présentent souvent une concentration de 6 à 8 %. Les effets du monoxyde de carbone sont cumulatifs, et le fait de fumer n'augmente pas la tolérance au monoxyde de carbone.

Il existe de nombreux niveaux d'empoisonnement au monoxyde de carbone qui indiquent que la gravité des symptômes ne correspond pas nécessairement à la concentration de carboxyhémoglobine. Généralement, une concentration inférieure à 5 % ne provoque pas de symptômes apparents. Une concentration inférieure à 25 % a rarement un effet sur les fonctions physiologiques et sur l'aptitude de la personne à exécuter certaines tâches physiques demandant des habiletés spécifiques. Toutefois, une concentration entre 5 et 20 %[3] pourraient avoir une incidence sur les fonctions psychologiques complexes comme le jugement, la prise de décisions en situation et la capacité de réaction. Certains niveaux d'empoisonnement indiquent

---

[3] Peter J. Stevens, *Fatal Civil Aircraft Accidents, Their Medical and Pathological Investigation*, John Wright & Sons Ltd., 1970.

une diminution de l'acuité visuelle à une concentration entre 10 et 20 %[4]. Une fois qu'on a déplacé la victime d'un empoisonnement pour l'éloigner de la source de monoxyde de carbone, la concentration diminue. La demi-vie de la carboxyhémoglobine est de cinq heures. L'altitude a aussi un effet sur le niveau de saturation parce que la pression partielle de l'oxygène diminue avec l'altitude. Les données sur l'altitude des vols n'étaient pas disponibles.

Selon l'information recueillie, un détecteur de monoxyde de carbone avait été installé dans le poste de pilotage du C-FNTF et il devait être remplacé au besoin. Le détecteur ne faisait pas partie de la liste d'équipement de l'appareil. Le détecteur de monoxyde de carbone était un petit carré en plastique avec un cercle brunâtre autour d'un élément de détection de couleur brune. L'élément de détection devient plus foncé que le cercle en présence de monoxyde de carbone. Ces détecteurs sont couramment utilisés sur les avions légers et sont habituellement fixés au tableau de bord. Lorsque le détecteur est en place, on ne peut pas lire les instructions parce qu'elles sont imprimées au dos du détecteur. Les instructions indiquent que l'élément de détection devient brun foncé et peut passer au gris/noir en présence de monoxyde de carbone et que même si l'élément devient seulement un petit peu plus foncé, cela peut révéler la présence d'une concentration dangereuse de monoxyde de carbone. Il est également indiqué que lorsque l'air est renouvelé, l'élément reprend sa couleur originale et correspond à la couleur du cercle brun. Le détecteur peut devenir inutilisable s'il est exposé à diverses vapeurs chimiques courantes et devrait être remplacé tous les 30 à 60 jours puisque l'élément de détection devient plus foncé ou se décolore avec le temps. Le détecteur ne donne pas de signal pour alerter l'équipage. L'enquête n'a pas permis d'établir si les membres de l'équipage avaient compris les instructions ou s'ils avaient vérifié le détecteur avant le départ ou pendant le vol. L'inspection de l'épave n'a pas permis de retrouver le détecteur.

Les échangeurs de chaleur gauche et droit de la cabine fonctionnant avec les gaz d'échappement des moteurs ont été inspectés à l'installation régionale d'inspection des épaves. L'échangeur de chaleur droit a subi un essai d'étanchéité qui n'a pas révélé de fuite; toutefois, l'échangeur de chaleur gauche était tellement endommagé qu'on n'a pas pu effectuer d'essai d'étanchéité. On a ouvert l'échangeur pour l'inspecter, et l'examen visuel n'a révélé aucune défaillance antérieure à l'impact.

L'appareil de chauffage Janitrol S200 (modèle S200, réf. 27C56) a été récupéré. Un essai d'étanchéité à l'installation régionale d'inspection des épaves a permis de déceler une fuite et de déterminer que cette fuite existait avant l'impact. La fuite aurait permis aux gaz d'échappement de pénétrer dans le poste de pilotage par les évents du circuit de chauffage. L'enveloppe de la chambre de combustion de l'appareil de chauffage a été envoyée au Laboratoire technique du BST où une inspection plus poussée a révélé deux autres criques qui auraient aussi laissé pénétrer les gaz d'échappement dans le poste de pilotage. Les perforations décelées dans l'enveloppe de la chambre de combustion peuvent être attribuables à l'oxydation et à l'érosion par points chauds de l'acier allié à l'Inconel.

Le service de maintenance de la compagnie avait fait la maintenance de l'appareil de chauffage conformément au programme d'inspection du manuel de contrôle de la maintenance (MCM) approuvé. Le programme d'inspection stipule que l'appareil de chauffage doit faire l'objet d'une révision tous les cinq ans ou toutes les 2 500 heures, selon la première éventualité. Un examen du manuel d'instruction de maintenance du fabricant de l'appareil de chauffage S200 portant la référence 27C56 a permis de constater que le manuel contenait les procédures

---

[4] http://www.phymac.med.wayne.edu/FacultyProfile/penney/COHQ/co1.htm

d'inspection et de révision pour l'appareil, mais qu'il ne précisait pas les intervalles recommandés. Les manuels d'instruction de maintenance d'appareils similaires mentionnent qu'il faut faire une inspection aux 100 heures et une révision aux 500 heures. Des communications avec le fabricant de l'appareil de chauffage ont révélé que l'appareil de chauffage portant la référence 27C56 n'est plus fabriqué.

Analyse

L'analyse portera sur la perte de maîtrise lors de la remise des gaz, l'aptitude du pilote à prendre des décisions en présence de monoxyde de carbone et le détecteur de monoxyde de carbone.

L'inspection de l'épave a révélé que les commandes de vol et les moteurs ne présentaient aucune anomalie qui aurait pu causer la perte de maîtrise pendant la remise des gaz. Deux scénarios qui auraient pu causer la perte de maîtrise ont été envisagés. Premier scénario : le centre de gravité se trouvait à environ 32,3 pouces au-delà de la limite arrière, ce qui peut avoir causé une perte de maîtrise. L'équipage a réussi à maîtriser l'appareil pendant tout le vol, mais il se peut que la marge de manoeuvre réduite de la gouverne de profondeur ait été à la limite et qu'elle n'ait pas été suffisante pour le changement de configuration et l'accélération suivant la remise des gaz. Le braquage vers le haut du compensateur est probablement un signe que l'avion était en centrage arrière. Deuxième scénario : un grand nombre de planches de 2 x 4 se sont déplacées vers l'arrière, alors que les forces d'impact se sont principalement exercées vers l'avant. Les planches de 2 x 4 avaient été arrimées de telle sorte (voir l'annexe A) qu'elles pouvaient se déplacer. La pile de planches de 2 x 4 s'est probablement déplacée vers l'arrière durant l'accélération et la mise en cabré pour la remise des gaz, ce qui aurait déplacé le centre de gravité encore plus vers l'arrière et aurait ainsi causé la perte de maîtrise. Cependant, le déplacement des planches a très bien pu se produire après la perte de maîtrise et après la brusque manoeuvre de l'appareil.

La concentration de monoxyde de carbone décelée dans le sang du commandant de bord grâce aux analyses toxicologiques ne l'a probablement pas empêché de piloter ni de garder la maîtrise de l'avion. Toutefois, les concentrations décelées peuvent nuire au jugement et à la prise de décision et peuvent diminuer l'acuité visuelle. L'atterrissage court au terme du premier vol, et l'atterrissage à mi-piste au terme du deuxième vol, sont peut-être le résultat d'un mauvais jugement ou d'une mauvaise acuité visuelle lors d'un atterrissage dans un environnement difficile avec peu de repères visuels.

L'atterrissage court au terme du premier vol et le roulage dans la neige avant le début de la piste ont sûrement convaincu le pilote qu'un centrage arrière était préférable pour empêcher l'avion de capoter si la situation devait se reproduire. Les décisions subséquentes en ce qui concerne l'emplacement et l'arrimage des planches ainsi que l'utilisation des calculs de masse et centrage du vol précédent ont créé une situation dangereuse. Le fait que l'équipage n'a pas tenu compte d'un changement important concernant la masse et le centrage de l'avion et le fait qu'il n'a pas bien arrimé la charge pourraient indiquer que l'équipage était moins apte à prendre des décisions en raison de la concentration de monoxyde de carbone. Puisque la demi-vie de la carboxyhémoglobine est d'environ cinq heures, la courte escale entre les deux vols n'aurait pas permis de diminuer suffisamment la concentration de monoxyde de carbone.

En raison du système d'auto-répartition, il n'y avait aucun système de contre-vérification des décisions prises par l'équipage concernant le chargement. L'indice, qui était inexact, peut

également avoir influencé l'équipage dans sa prise de décision. Au fil du temps, l'utilisation d'un indice trop faible peut donner l'impression qu'il est possible d'ajouter du fret dans la partie arrière de la cabine.

Le détecteur de monoxyde de carbone n'a pas été retrouvé. Cependant, s'il avait été utilisable, l'élément de détection aurait présenté une couleur différente. Si le détecteur était périmé, l'élément de détection aurait eu une couleur différente du cercle. Vu que l'équipage n'a pas fait remplacer l'élément de détection et n'a pas pris de mesures pour prévenir un empoisonnement au monoxyde de carbone, il est possible que l'équipage n'ait pas vérifié le détecteur lors de la vérification du poste de pilotage; il n'aurait donc pas remarqué le changement de couleur de l'élément de détection. Comme le détecteur ne donne pas de signal pour alerter l'équipage, un changement de couleur ou une anomalie peut passer inaperçu. De plus, comme on ne peut pas lire les instructions une fois que le détecteur est installé dans le poste de pilotage, il est peu probable que l'équipage ait été au courant des limites du détecteur.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP 68/00 - *Janitrol Heater* (Appareil de chauffage Janitrol).

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le pilote a interrompu l'atterrissage sur une piste en glace et a perdu la maîtrise de l'appareil pendant la remise des gaz.

2. L'avion était en centrage arrière.

3. Le centre de gravité de l'avion pour la masse de base était situé à 16,7 pouces derrière le centre de gravité figurant sur le devis de masse et centrage.

4. L'équipage a utilisé un indice inexact pour l'état de charge.

5. La pile de planches de 2 x 4 n'était pas arrimée solidement et peut s'être déplacée vers l'arrière pendant la remise des gaz.

6. L'équipage n'a pas fait de nouveaux calculs de masse et centrage pour le second vol.

7. L'enveloppe de l'appareil de chauffage présentait des fuites, et l'air de la cabine et du poste de pilotage a été contaminé par du monoxyde de carbone.

8. La concentration de carboxyhémoglobine de 17,9 % décelée dans le sang du commandant de bord peut avoir perturbé ses capacités, notamment son aptitude à prendre des décisions, et peut avoir diminé son acuité visuelle.

Autres faits établis

1. Le détecteur de monoxyde de carbone n'était pas équipé d'un système d'alarme et il n'est pas possible de lire les instructions pour le détecteur quand il est installé dans le poste de pilotage vu qu'elles sont imprimées au dos du détecteur.

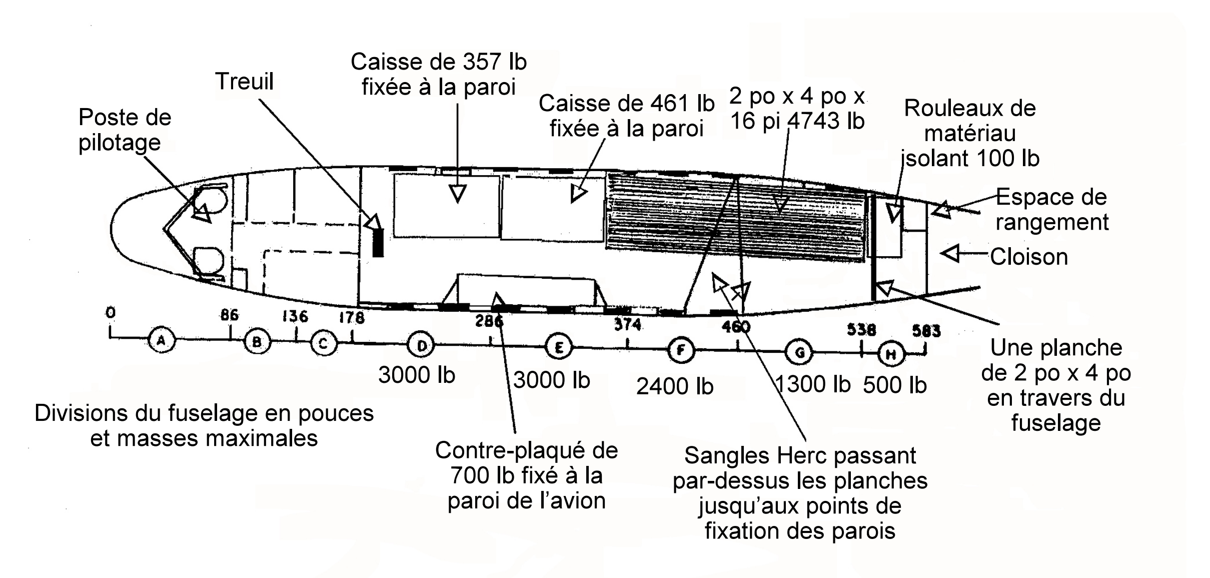
2. Le service de maintenance de la compagnie avait effectué la maintenance du système de chauffage conformément au programme d'inspection approuvé par Transports Canada.

3. Le manuel d'instructions de maintenance du fabricant pour le système de chauffage S200, réf. 27C56, comprend une procédure d'inspection et de révision, mais elle ne spécifie pas d'intervalle.

4. Aucune instruction de maintenance n'est publiée pour le système de chauffage portant la référence 27C56. Le service de maintenance de la compagnie ne faisait ni inspection, ni révision, ni essai d'étanchéité comme il est spécifié pour les systèmes de chauffage qui ont été fabriqués par la suite.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 29 mars 2001.

Annexe A - Répartition de la charge



Répartition de la charge dans le C- FNTF

Notes:
1. Les 2e et 3e rangées de planches de 2 po x 4 po dépassent les caisses situées à l'arrière.
2. Les sangles Herc qui passent par-dessus les planches sont attachées à la paroi de l'avion et non au plancher.
3. Les rouleaux de matériau isolant dépassent l'espace de rangement.
4 Le poids des planches de 2 po x 4 po dépasse le poids combiné des compartiments F et G.